

є точками мінімумів.

Розв'язки системи рівнянь (4, 5) легко знаходяться на основі формул Крамера. Приймаючи до уваги властивості відповідних матриць можна довести, що оцінки математичного сподівання є незміщеними, а оцінки кореляційної функції – асимптотично незміщеними, при цьому в обох випадках відсутні похибки просочування незалежно від віддалі між частотами гармонічних складових. Ефекти просочування не впливають також на дисперсії оцінок. Оцінки як математичного сподівання, так і кореляційної функції для гаусових ПКВП є незміщеними, якщо виконується гранична рівність

$$\lim_{|u| \rightarrow \infty} b(t, u) = 0.$$

Слід підкреслити, що дисперсії оцінок найменших квадратів в залежності від довжини θ і типу сигналу можуть бути як меншими, так і більшими від дисперсії компонентної оцінки. Конкретні їх значення можуть бути обчислені на основі формул [6] для заданих апроксимацій кореляційної функції ПКВП.

Список використаних джерел

1. Яворський І.М. Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань. / Під заг. ред. акад. НАН України З.Т. Назарчука. – Львів: ФМІ НАНУ, 2013. – 804 с.
2. Cyclostationarity in Communications and Signal Processing // Ed. by Gardner W. A. – New York: IEEE Press, 1994. – 504 p.
3. Javors'kyj I., Isayev I., Zakrzewski Z., Brooks S.P. Coherent covariance analysis of periodically correlated random process // Signal Processing. – 2007. – 87. – P. 13-32.
4. Javorskyj I., Isayev I., Majewski J., Yuzefovych R. Component covariance analysis for periodically correlated random process // Signal Processing. – 2010. – 90. – P. 1083-1102.
5. Jaworski I., Juzefowycz R., Kraweć I., Zakrzewski Z. Metoda najmniejszych kwadratów w statystycznej analizie okresowo niestacjonarnych sygnałów losowych // Przegląd Telekomunikacyjny. – 2010. – № 8–9. – S. 1451–1460.
6. Javorskyy I., Yuzefovych R., Krawets I., Zakrzewski Z. Least squares method in the statistic analysis of periodically correlated random processes // Radioelectronics and Communications Systems. – 2011. – Vol. 54, № 1. – P. 45–59.

УДК 519.711:616-089-06

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПОЖИВАННЯ КИСНЮ ОРГАНІЗМОМ ПРИ ОПЕРАЦІЯХ НА СЕРЦІ В УМОВАХ ШТУЧНОГО КРОВООБІГУ

Зибіна Т.І.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», аспірант

Вступ

В даний час в Україні виконується значна кількість кардіохірургічних втручань в умовах штучного кровообігу (ШК). Розвиток технологій і приладів ШК передбачає їх тестування без участі пацієнта. Тому актуальною є задача побудови моделі, яка генерує реакції пацієнта у відповідь на зміни характеристик ШК. Аналіз масиву спостережень, який представляє собою набір параметрів перфузії може показати, що на визначення деяких параметрів тим чи іншим чином впливає транспорт кисню в організмі.

Регуляція кровообігу може здійснюватись з різною ступінню участі підсистем, які до неї входять, тому масиви можуть вміщати підмножини багатовимірних регуляторних характеристик, які відрізняються один від одного як структурно, так і функціонально. Це суттєва відмінність масивів спостережень біологічної природи. Задача розділення таких сумішей залежностей є далекою від кінцевого рішення.

Мета роботи

Метою даної роботи є дослідження та моделювання функціональних кисневих характеристик пацієнтів та їх функціональних залежностей.

Для досягнення даної мети була поставлена задача розбиття масиву спостережень на сімейство функціональних залежностей з ціллю визначення параметрів, які мають вплив на кисневі характеристики пацієнтів.

Матеріали та методи

В даному дослідженні використовуються моніторингові дані перфузій у дорослих пацієнтів, які були отримані в НІССХ ім. М.М. Амосова НАМНУ. В дослідженні аналізуються дані 447 перфузій пацієнтів, яким в умовах ШК було проведено протезування клапанів серця і(або) аортокоронарне шунтування. Всього аналізувалось 1592 спостереження.

Під час проведення перфузій аналізувались наступні показники: вміст кисню у венозній (c_vO_2) та артеріальній (c_aO_2) крові, перфузійний індекс (PI), індекс споживання (IVO_2) та доставки (IDO_2) кисню, гемоглобін (Hb), артеріальний (AP) та центральний венозний (CVP) тиск і температура тіла пацієнта.

На першому етапі роботи проводився кластерний аналіз з метою об'єднання спостереження з близькими по величині показниками у вигляді несферичних кластерів.

В якості вихідних показників аналізувались функціональні залежності вмісту кисню у венозній і артеріальній крові, оскільки на дані показники впливають інші фактори перфузії, крім того вони характеризують роботу оксигенатора [1].

Одними з найбільш інформативних показників транспортної функції кровообігу є індекси доставки та споживання кисню, які розраховуються наступним чином [2]:

$$IDO = c_aO_2 \cdot PI \quad (1)$$

$$IVO_2 = (c_aO_2 - c_vO_2) \cdot PI \quad (2)$$

Результати

Для вирішення задачі розділення сумішей функціональних залежностей на отриманому масиві був застосований кластерний аналіз, який проводився методом, розробленим в НІССХ ім. М.М. Амосова НАМНУ [3]. Даний метод кластеризації проводився з метою об'єднання показників близьких за величиною, які, ймовірно, утворюють окремі функціональні залежності. Він використовує «кланцюговий ефект», що дозволяє більш ефективно відтворити взаємозв'язки показників складних систем. В результаті проведення кластерного аналізу було розпізнано сімейство з одинадцяти лінійних функціональних залежностей вмісту кисню в артеріальній та венозній крові.

Дані залежності розміщуються на координатній площині у вигляді пучка прямих, які відрізняються кутом нахилу і можуть бути представлені у вигляді сімейства лінійних рівнянь регресії вигляду:

$$c_vO_2 = a \cdot c_aO_2 + b \quad (3)$$

де a і b – відповідно коефіцієнти регресії.

Доставка кисню в умовах ШК визначається продуктивністю насоса, який управляється перфузіологом. Насичення артеріальної крові киснем при ШК практично завжди підтримується близьким до максимального значення за допомогою оксигенатора. Таким чином, значення показника доставки кисню підтримуються, відносно, на одному рівні і не регулюються сторонніми факторами, а також не мають регуляторного зв'язку зі споживанням кисню [2]. Згідно формули (2), споживання кисню визначається артеріо-венозною різницею.

Враховуючи комплексність та нелінійні властивості взаємодії регуляторних механізмів кровообігу, проводився регресійний аналіз відносно параметрів a і b . В рамках даного аналізу розраховувався коефіцієнт кореляції між даними параметрами та середніми значеннями показників по кожному кластеру. Найбільш тісний зв'язок коефіцієнт a показав з центральним венозним тиском, а коефіцієнт b – з гемоглобіном. Регресійні рівняння даних коефіцієнтів отримали наступний вигляд:

$$a = 0,467 + 0,007 \cdot CVP \quad (4)$$

$$b = -22,408 + 0,263 \cdot Hb \quad (5)$$

Визначивши той факт, що $a=f(CVP)$, $b=f(Hb)$ і підставивши дані функції в формулу (2), можна зробити висновок, що на споживання кисню в організмі мають регуляторний вплив такі фактори як гемоглобін та центральний венозний тиск.

$$IVO_2 = (c_aO_2 \cdot (0,533 - 0,007 \cdot CVP) + 22,408 - 0,263 \cdot Hb) \cdot PI \quad (6)$$

Так як, вміст кисню в артеріальній крові та перфузійний індекс підтримується на одному рівні перфузіологом, то, виходячи з формули (6) споживання кисню регулюються центральним венозним тиском і гемоглобіном. Гемоглобін є одним з основних показників насичення крові киснем, оскільки його основна функція це доставка кисню клітинам. Центральний венозний тиск при ШК побічно

судить про об'єм крові, яка знаходиться в пацієнті. З його допомогою можна урегулювати кількість крові в пацієнті і в ємності апарату ШК.

Висновки

Зміна показника споживання кисню під час кардіохірургічних втручань в умовах ШК зазвичай контролюється факторами перфузії. Однак один і той же показник може регулюватись різним набором даних. Тому в даній роботі вирішувалась задача розподілення сумішей залежностей за допомогою кластерного аналізу, так як масиви спостережень за об'єктами біологічної природи можуть мати деякі множини несумісних багатовимірних функціональних залежностей. В результаті проведення кластерного аналізу були виявлені сімейства залежностей вмісту кисню у венозній і артеріальній крові. На основі отриманих статистично, нелінійних відносно коефіцієнтів, регресійних моделей, були визначені показники перфузії, які мають регуляторний вплив на споживання кисню в організмі.

Наявність нелінійних зв'язків між показниками функціонування системи кровообігу приводить до виникнення ефектів самоорганізації, упорядкуванню спостережень в просторі ознак різної розмірності. Це дозволяє вирішити проблему розпізнавання, відтворення функціональних залежностей показників системи кровообігу за допомогою нових інформаційних технологій і використовувати для побудови та ідентифікації математичних моделей.

Список використаних джерел

1. Кочетов А.Г. Методы статистической обработки медицинских данных: Методические рекомендации для ординаторов и аспирантов медицинских учебных заведений, научных работников / А. Г. Кочетов, О.В. Лянг, В.П. Масенко, И.В. Жиров, С.Н. Наконечников, С.Н. Терещенко. – Москва: РКНПК, 2012. – 42 с.
2. Эйнгрон А.Г. 'Патологическая анатомия и патологическая физиология' - Москва: Медицина, 1983 - с.304
3. Nastenka E.A. The use of Cluster Analysis for Partitioning Mixtures of Multidimensional Functional Characteristics of Complex Biomedical Systems // J. of Automation and Information Sciences. – 1996. – Vol. 28. – N 5-6. – P. 77-83.

УДК 519.688

ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ БІНАРНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ НА ОСНОВІ ЛОГІСТИЧНОЇ РЕГРЕСІЇ

Касянчук М.М.¹⁾, Шугайло О.І.²⁾, Івасьєв С.В.³⁾

Тернопільський національний економічний університет

¹⁾ к.ф.-м.н., доцент; ²⁾ магістрант; ³⁾ викладач

I. Постановка проблеми

На даний момент існує безліч методів аналізу і класифікацій, спрямованих на побудову найбільш точних і ефективних математичних моделей, які широко використовуються в економіці, медицині, сфері телекомунікаційних послуг, маркетингу та інших областях як інструмент для прийняття рішення [1]. Існуючі методи дозволяють виявити наявні у вибірці взаємозв'язки між вхідними та вихідними змінними, побудувати моделі, що відображають ці взаємозв'язки, порівняти їх з точки зору точності, прибутковості, витрат і вибрати найбільш ефективну модель [2].

У даній роботі розглянуті методи оцінки правдоподібності стосовно бінарної класифікації, тому що в сучасному бізнесі, економіці, маркетингу, медицині, техніці та інших галузях на сьогоднішній день ставиться велика кількість завдань, пов'язаних з віднесенням об'єкта до одного з двох класів. У медицині це може бути наявність або відсутність захворювання, в маркетингу - наявність або відсутність відповіді респондента, у військовій техніці - наявність або відсутність цілі. Оцінка правдоподібності бінарної класифікації дозволяє визначити не сам клас, а ймовірність того, що спостереження належить до того чи іншого класу, що і визначає актуальність даної роботи.

II. Мета роботи

Метою даної роботи є розробка методів оцінки правдоподібності бінарної класифікації та їх програмна реалізація.

III. Оцінка достовірності бінарної класифікації на основі логістичної регресії

До методів оцінки правдоподібності бінарної класифікації відносяться логістична регресія,